

PAT-NO: JP409214016A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 09214016 A

TITLE: MAGNETISM-SENSITIVE SEMICONDUCTOR ELEMENT AND MAGNETIC HEAD USING THE SAME

PUBN-DATE: August 15, 1997

INVENTOR-INFORMATION:

NAME
HARADA, NAOKI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
FUJITSU LTD	N/A

APPL-NO: JP08017268

APPL-DATE: February 2, 1996

INT-CL (IPC): H01L043/00, G01R033/06 , G01R033/09 , G11B005/39

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetism-sensitive semiconductor element which can follow a high-speed change in magnetic field and can have a high sensitivity and also to provide a magnetic head using the element.

SOLUTION: In the semiconductor element, an emitter electrode 2 of magnetized material is formed on the same or opposing surface of a semiconductor layer 1 to inject spin-polarized ions into the semiconductor layer 1, one or more collector electrodes 3 of the magnetized material for collecting the injected electrons are formed as opposed to the emitter electrode, and a magnetic field B is applied to the semiconductor layer 1 disposed between the emitter electrode 2 and collector electrode 3.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-214016

(43)公開日 平成9年(1997)8月15日

(51)Int.Cl.*

識別記号 庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 01 L 43/00

H 01 L 43/00

G 01 R 33/06

G 11 B 5/39

33/09

G 01 R 33/06

G 11 B 5/39

Z

R

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 6 頁)

(21)出願番号

特願平8-17268

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72)発明者 原田 直樹

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(74)代理人 弁理士 柏谷 昭司 (外2名)

(22)出願日

平成8年(1996)2月2日

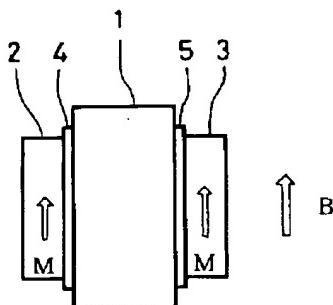
(54)【発明の名称】 半導体感磁性素子及びそれを用いた磁気ヘッド装置

(57)【要約】

【課題】 半導体感磁性素子及びそれを用いた磁気ヘッド装置に関し、高速の磁場変化に追随でき、且つ、感度の高い半導体感磁性素子及びそれを用いた磁気ヘッド装置を提供する。

【解決手段】 半導体層1の同一面上或いは対向する面上のいずれかに、この半導体層1中にスピンド偏極した電子を注入する磁化した磁性体からなるエミッタ電極2と、注入された電子を収集する磁化した磁性体からなる一つ以上のコレクタ電極3とを対向して配置すると共に、エミッタ電極2とコレクタ電極3との間の半導体層1に磁場Bを印加する。

本発明の原理的構成の説明図



- 1 : 半導体層
2 : エミッタ電極
3 : コレクタ電極
4 : エミッタバリア層
5 : コレクタバリア層

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体層の同一面上或いは対向する面上のいずれかに、前記半導体層中にスピニ偏極した電子を注入する磁化した磁性体からなるエミッタ電極と、注入された前記電子を収集する磁化した磁性体からなる一つ以上のコレクタ電極とを対向して配置すると共に、前記エミッタ電極と前記コレクタ電極との間の前記半導体層に磁場を印加するようにしたことを特徴とする半導体感磁性素子。

【請求項2】 上記エミッタ電極と上記コレクタ電極との間の距離が、スピニ拡散長と同程度であることを特徴とする請求項1記載の半導体感磁性素子。

【請求項3】 上記半導体層が互いにバンド・ギャップの異なる半導体からなるヘテロ接合を含んでおり、前記ヘテロ接合界面近傍に発生する二次元キャリアガスと上記エミッタ電極及び上記コレクタ電極とが電気的に接続されていることを特徴とする請求項1または2に記載の半導体感磁性素子。

【請求項4】 請求項1乃至3のいずれか1項に記載の半導体感磁性素子を用いた磁気ヘッド装置において、前記半導体感磁性素子の半導体層に磁束を導くフラックスガイドを設けたことを特徴とする磁気ヘッド装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体感磁性素子及びそれを用いた磁気ヘッド装置に関するものであり、特に、エミッタ磁性体電極とコレクタ磁性体電極との間の半導体層に磁場を印加することによって磁場を検出する半導体感磁性素子及びそれを用いた磁気ヘッド装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年のコンピュータ技術の進歩に伴い、外部記憶装置の記憶容量の向上が要請されており、例えば、磁気ディスク装置の記憶容量の増大のためには1ビット当たりの記憶面積を微細化すれば良いが、記憶面積を微細化すると同時に発生する磁束も小さくなってしまうため、情報の読出のためには微小な磁場を検出とのできる感磁性素子が必要となる。

【0003】従来の磁気ヘッドに用いられている感磁性素子は、磁場による金属膜の抵抗変化を利用したMR(Magneto-Resistance)素子であるが、このMR素子は磁場による抵抗変化の割合が小さく、微小な磁場に対する出力が小さいという問題がある。

【0004】例えば、西暦2000年頃に実用化が予想される記憶密度が 10 Gbit/in^2 (約 1.55 Gbit/cm^2)の磁気ディスク装置では、1ビット当たりの発生磁束は $2 \times 10^{-15}\text{ Wb}$ 程度と考えられるが、この時、現在のMRヘッドを用いるとすると、-16dB程度の出力低下が予測され情報の読出が出来なく

2

なるという問題がある。

【0005】この様な問題を解決するために、磁場に対する感度を高めた各種の感磁性素子が提案されているが、信頼性向上のためには単結晶の使用が望ましく、且つ、習熟した微細加工技術を使用できるという観点から、感磁性素子の素材としては半導体が最適である。

【0006】この様な半導体を用いた感磁性素子としては、半導体層上にエミッタ磁性体電極とコレクタ磁性体電極とを対向して配置し、磁性体電極中の磁化方向を磁場によって回転させることによってトンネル抵抗を変調させて磁場を検出する半導体感磁性素子が提案されている(必要ならば、特開平6-97531号公報参照)。

【0007】即ち、エミッタ磁性体電極を磁化してスピニ偏極した電子をエミッタバリア層を介して半導体層に注入すると共に、コレクタ磁性体電極の磁化方向を磁気ディスクの磁場により回転させ、コレクタ磁性体電極の磁化方向によりコレクタバリア層をトンネルしてコレクタ磁性体電極に到達する電子の量を制御することによって磁場を検出するものである。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかし、この様な半導体感磁性素子においては、磁性体電極自体の磁化方向を磁場によって回転させるため、その動作速度の上限は磁性体電極の磁化の追随速度で決められることになり、その周波数は100MHz程度であると考えられるので、必ずしも十分な動作速度とは言えないものである。

【0009】したがって、本発明は、高速の磁場変化に追随でき、且つ、感度の高い半導体感磁性素子及びそれを用いた磁気ヘッド装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】図1乃至図3を参照して、本発明における課題を解決するための手段を説明する。なお、図1は本発明の原理的構成の説明図であり、また、図2は本発明の半導体感磁性素子の動作原理の説明図であり、さらに、図3は本発明の半導体感磁性素子の特性の説明図である。

【0011】図1参照

(1) 本発明は、半導体感磁性素子において、半導体層1の同一面上或いは対向する面上のいずれかに、この半導体層1中にスピニ偏極した電子を注入する磁化した磁性体からなるエミッタ電極2と、注入された電子を収集する磁化した磁性体からなる一つ以上のコレクタ電極3とを対向して配置すると共に、エミッタ電極2とコレクタ電極3との間の半導体層1に磁場Bを印加するようにしたことを特徴とする。

【0012】この様に、被検出磁場Bにより磁性体の磁化方向Mを回転させるのではなく、半導体層1に注入された電子のスピニ緩和時間を制御するものであるので、動作速度の上限は半導体層1中の電子の走行速度で決定されることになり、高速の磁場変化に対する追随が可能

になる。

【0013】この事情を図2を参照して説明する。

図2(a)参照

エミッタ電極2及びコレクタ電極3を上向きに磁化させた場合、磁性体からなるエミッタ電極2とコレクタ電極3中における電子のエネルギーは上向きスピンの電子、即ち、アップスピン電子7と、下向きスピンの電子、即ち、ダウンドスピニン電子6では異なることになり、フェルミ準位 E_F はアップスピン電子7のバンド・ギャップの上にあり、アップスピン電子7のバンドが完全に詰まっているとすると、ダウンドスピニン電子6のみが電流に寄与することになる。

【0014】このエミッタ電極2とコレクタ電極3との間に電圧を印加すると、エミッタバリア層4を介して半導体層1にトンネル注入される電子はダウンドスピニン電子6のみとなり、所謂スピン偏極を起こした状態となっているが、半導体層1中をコレクタ電極3に向かって走行している間に緩和して、注入された電子のスピンの向きは両者同数になり、このスピン緩和時間、或いは、スピン拡散長は磁場Bの向きと強度に依存することになる。

【0015】ここで、エミッタ電極2とコレクタ電極3との間に半導体層1に下向きの磁場Bを印加すると、ダウンドスピニン電子6の緩和時間は長くなり、下向きのスピンを維持したままコレクタバリア層5をトンネルしてコレクタ電極3に到達することになるが、コレクタ電極3においてはダウンドスピニン電子6のための空きバンドがあるためトンネルが可能になり電流が流れる。

【0016】図2(b)参照

しかし、印加される磁場Bが上向きの場合には、ダウンドスピニン電子6の緩和時間が短くなり、下向きのスピンを維持したままコレクタ電極3に到達する電子の割合が少なくなる。

【0017】そして、半導体層1中を走行中にアップスピン電子7となった電子はコレクタバリア層5をトンネルしてコレクタ電極3に達しようとするが、コレクタ電極3においてはアップスピン電子7のためのバンドは充満しているためトンネルが不可能になり、電流が流れないことになる。

【0018】図3参照

したがって、この磁場Bによるトンネル抵抗Rの変化を電流値の変化として検出することによって、磁場Bが上向きか或いは下向きかを検出することができ、磁場Bが下向きのときには抵抗Rが小さく、磁場Bが上向きの時は抵抗Rが大きくなる。なお、この場合の動作速度はエミッタ電極2とコレクタ電極3との間の距離によって決定されることになるので、従来より高速動作が可能になる。

【0019】(2)また、本発明は、上記(1)において、エミッタ電極2とコレクタ電極3との間の距離が、スピン拡散長と同程度であることを特徴とする。

【0020】本発明のような半導体感磁性素子においては、エミッタ電極2とコレクタ電極3との間の距離がスピン拡散長、即ち、(磁場が0時のスピン緩和時間)×(電子の速度)よりあまりに短いと、磁場Bの方向に拘わらず殆どの電子が注入されたときのスピンの向きを維持したままコレクタ電極3に到達し、抵抗に差が生じないことになる。

【0021】また、逆にあまり長すぎても完全に緩和してしまって抵抗に差が生じなくなるので、エミッタ電極2とコレクタ電極3との間の距離は、スpin拡散長と同程度、即ち、スpin拡散長と同オーダーの1～数μm程度であることが望ましく、電子の速度を10⁷ cm/秒とすると、10～数十ピコ秒(p s)の動作速度が得られることになる。なお、このスpin拡散長の値は、半導体層を構成する材料、或いは、半導体層の層構造に依存するものである。

【0022】(3)また、本発明は、上記(1)または(2)において、半導体層1が互いにバンド・ギャップの異なる半導体からなるヘテロ接合を含んでおり、この20ヘテロ接合界面近傍に発生する二次元キャリアガスとエミッタ電極2及びコレクタ電極3とが電気的に接続されていることを特徴とする。

【0023】この様に、半導体感磁性素子を構成する半導体層1中にヘテロ接合を設け、このヘテロ接合界面近傍に発生する高移動度の二次元キャリアガス、即ち、二次元電子ガス(ヘテロ接合を構成する半導体の電子親和力の差に起因して発生)、また、二次元正孔ガス(ヘテロ接合を構成する半導体の電子親和力+バンド・ギャップの差に起因して発生)を利用して、バルク半導体を用いるよりも高速動作が可能になる。

【0024】また、高移動度の二次元キャリアガスを用いることによって、スpin拡散長も大きくなり、エミッタ電極2とコレクタ電極3との距離を長くすることができる、エミッタ部及びコレクタ部を形成する際の加工精度が緩和される。

【0025】(4)また、本発明は、上記(1)乃至(3)のいずれかを用いた磁気ヘッド装置において、半導体感磁性素子の半導体層1に磁束を導くフラックスガイドを設けたことを特徴とする。

【0026】本発明の半導体感磁性素子を用いて磁気ヘッド装置を構成する際に、従来の磁気ヘッド装置と同様にフラックスガイドを用いることによって、磁場検出精度を向上することができる。

【0027】

【発明の実施の形態】図4を参照して、本発明の第1の実施の形態を説明する。

図4参照

まず、MOVPE法(有機金属気相成長法)或いはMBE法(分子線エピタキシャル成長法)を用いて、半絶縁性InP基板11上に厚さ0.5 μmのアンドープIn

$0.52\text{A}10.48\text{As}$ バッファ層12、厚さ20nmで不純物濃度が $1\times10^{18}\text{cm}^{-3}$ のSiドープn型In_{0.52}A_{0.48}As層13、厚さ20nmのアンドープIn_{0.53}Ga_{0.47}Asチャネル層14、厚さ10nmで不純物濃度が $1\times10^{19}\text{cm}^{-3}$ のSiドープn⁺型In_{0.53}Ga_{0.47}As層、及び、トンネルバリア層となる厚さ5nmのアンドープIn_{0.52}A_{0.48}As層を順次積層する。

【0028】次いで、フォトレジストマスク(図示せず)をマスクとしてトンネルバリア層となるアンドープIn_{0.52}A_{0.48}As層及びその下に設けたn⁺型In_{0.53}Ga_{0.47}As層をエッチングして間隔が1~10μm、例えば、2.0μmの磁場を印加すべき開口部を形成する。

【0029】次いで、新たなフォトレジストマスク(図示せず)をマスクとしてバリア層となるアンドープIn_{0.52}A_{0.48}As層乃至アンドープIn_{0.52}A_{0.48}Asバッファ層12の一部をメサエッチングして素子分離を行うと共に、n⁺型In_{0.53}Ga_{0.47}As層15とアンドープIn_{0.52}A_{0.48}Asエミッタバリア層16からなるエミッタ部、及び、n⁺型In_{0.53}Ga_{0.47}As層17とアンドープIn_{0.52}A_{0.48}Asコレクタバリア層18からなるコレクタ部を形成する。

【0030】なお、このn⁺型In_{0.53}Ga_{0.47}As層15、17は、ショットキーバリアの空乏層がアンドープIn_{0.53}Ga_{0.47}Asチャネル層14中に大きくなるべく、トンネルバリアが厚くなりすぎないようにするために設けている。

【0031】次いで、エミッタ部及びコレクタ部に、厚さ5~500nm、例えば、20nmのCo(コバルト)薄膜からなる磁性金属膜をマスク堆積して、Coエミッタ磁性体電極19及びCoコレクタ磁性体電極21を形成したのち、その上にCoエミッタ磁性体電極19及びCoコレクタ磁性体電極21の磁化を固定するために、厚さ5~500nm、例えば、20nmのMnFe磁化固定層20、22を設ける。

【0032】なお、この場合のCoエミッタ磁性体電極19及びCoコレクタ磁性体電極21の磁化方法は、磁場を印加しながらCo薄膜をマスク堆積して同じ方向に磁化しても良いし、マスク堆積後に磁場を印加して同じ方向に磁化しても良い。

【0033】この様に形成された半導体感磁性素子においては、n型In_{0.52}A_{0.48}As層13とアンドープIn_{0.53}Ga_{0.47}Asチャネル層14との間に形成されたヘテロ接合界面近傍において、In_{0.52}A_{0.48}AsとIn_{0.53}Ga_{0.47}Asとの間の電子親和力の差に起因して二次元電子ガス層23が形成される。

【0034】そして、この半導体感磁性素子のエミッタ部とコレクタ部との間に電圧を印加することによって、図2について説明したように、Coエミッタ磁性体電極19からアンドープIn_{0.53}Ga_{0.47}Asチャネル層1

4中に磁化に応じてスピニ偏極した電子がトンネル注入され、このトンネル注入された電子は二次元電子ガス層23中を高速で走行し、アンドープIn_{0.52}A_{0.48}Asコレクタバリア層18をトンネルしてCoコレクタ磁性体電極21に到達することになる。

【0035】この場合、Coエミッタ磁性体電極19及びCoコレクタ磁性体電極21の距離は、磁場によるスピニ緩和の効果が十分得られるように電子のスピニ拡散長と同オーダーの1~10μmにしてあるが、高移動度の二次元電子ガス層23を利用していいるため、(磁場が0の時のスピニ緩和時間)×(電子速度)で表されるスピニ拡散長が長くなるので、加工精度にゆとりができ、製造歩留りが向上する。

【0036】また、注入された電子の走行時間は、二次元電子ガス層23における電子の速度を 10^7cm/s とすると、10~100psとなり、高速の磁場変化に追随することができるようになる。

【0037】なお、上記の第1の実施の形態の説明においては、半導体層、即ち、アンドープIn_{0.53}Ga_{0.47}Asチャネル層14の同一面上に、エミッタ電極とコレクタ電極とを設けているが、この様な形状に限られるものではなく、図1の原理的構成において示したように、InGaAs半導体層等のバルク半導体層の対向する面上にエミッタ電極とコレクタ電極とを設けても良く、この場合には、バルク半導体層の厚さが電子の走行距離となる。

【0038】また、上記の第1の実施の形態の説明においては、Coエミッタ磁性体電極19とCoコレクタ磁性体電極21と同じ方向に磁化しているが、互いに異なる方向に磁化しても良いものであり、この場合には、抵抗の磁場依存性は図3の特性と反対の特性が得られる。

【0039】この様に、Coエミッタ磁性体電極19とCoコレクタ磁性体電極21とを互いに異なる方向に磁化するためには、一方の電極を磁化したのちその上にMnFe磁化固定層を設け、次いで、他方の電極を反対方向に磁化してその上に磁化固定層を設ければ良い。

【0040】この場合、他方の電極を反対方向に磁化する際に、一方の電極の磁化方向が変化しないように、一方の電極としては保磁力のより大きな磁性体を用いることが望ましい。

【0041】また、上記の第1の実施の形態においては、磁性体電極としてCoを用いているが、他の磁性体金属、例えば、Fe、Ni、或いは、これらの合金、または、フェライト等の磁性化合物を用いても良く、さらに、磁化固定層としてはMnFeの代わりにNiO、CoO/NiO多層膜等を用いても良い。

【0042】また、上記の第1の実施の形態の説明においては、メサエッチング後に磁性体薄膜及び磁化固定層をマスク堆積させているが、各半導体層を成長させたの

ち、磁性体薄膜及び磁化固定層を全面に堆積させ、また、磁性体薄膜及び磁化固定層をパターニングしてエミッタ電極及びコレクタ電極を形成し、次いで、エミッタ電極とコレクタ電極との間のアンドープ $I_{n0.52}A_{1.48}As$ 層及び n^+ 型 $I_{n0.53}Ga_{0.47}As$ 層を除去したのち、アンドープ $I_{n0.52}A_{1.48}As$ バッファ層 1 2 に達するメサエッティングを行って素子分離を行うようにしても良い。

【0043】次に、この様な半導体感磁性素子を磁気ヘッドとして用いた磁気ヘッド装置について簡単に説明する。図4に示した半導体感磁性素子を用いて磁気ヘッド装置を構成する場合、アンドープ $I_{n0.53}Ga_{0.47}As$ チャンネル層 1 4 に層厚方向に磁場が印加されるようすれば良く、例えば、従来の磁気ヘッド装置に用いられている様にフラックスガイドを設けて、磁束をアンドープ $I_{n0.53}Ga_{0.47}As$ チャンネル層 1 4 に垂直に導くようにすれば良い。

【0044】この様に、フラックスガイドを設けることによって、磁束密度を高めることができると共に、磁束の漏れが少なくなるので、微小磁場の検出が容易に、即ち、高感度の磁気ヘッド装置を作製することが可能になる。

【0045】次に、図5を参照して本発明の第2の実施の形態を説明する。

図5参照

この第2の実施の形態の半導体感磁性素子の基本的構成は、上記第1の実施の形態の半導体感磁性素子の構成と全く同一であり、相違点は、コレクタ電極を分割して1つのエミッタ磁性体電極 3 2 に対して、互いに異なった方向に磁化させた第1コレクタ磁性体電極 3 3 及び第2コレクタ磁性体電極 3 4 を設けた点にある。

【0046】この場合には、第1コレクタ磁性体電極 3 3 及び第2コレクタ磁性体電極 3 4 の検出出力を差動增幅することによって、検出感度を高めることができるが、単なる磁気検出素子としてではなく、スイッチング素子としても用いることができる。

【0047】即ち、磁場の方向がエミッタ磁性体電極 3 2 の磁化方向と反対であるならば、第1コレクタ磁性体電極 3 3 側に電流が流れ、逆に、磁場の方向がエミッタ磁性体電極 3 2 の磁化方向と同じであるならば、第2コレクタ磁性体電極 3 4 側に電流が流れるので、磁場の方向によってスイッチングを行うことができる。

【0048】なお、この第2の実施の形態における各構成要素の置き換え、或いは、製造工程の変更等についても、第1の実施の形態における各構成要素の置き換え、或いは、製造工程の変更等と同様である。

【0049】また、上記の実施の形態の説明においては、半導体感磁性素子を電子移動度の大きな $InGaAs$ をチャネル層とした $InGaAs/InAlAs$ 系で構成しているが、 $InGaAs/InAlAs$ 系に限ら

れるものではなく、 $GaAs/AlGaAs$ 系等の他の半導体を用いても良いものであり、また、半導体層の同一面上にエミッタ電極及びコレクタ電極を設ける場合にも、半導体層を二次元電子ガスを用いないバルク半導体で構成しても良い。

【0050】さらに、上記の実施の形態の説明においては n 型半導体を用いて電子をキャリアとした例を説明しているが、 n 型半導体の代わりに p 型半導体を用いて正孔をキャリアとしても良く、特に、二次元正孔ガスを利用する場合には、チャネル層とキャリア供給層における電子親和力とバンド・ギャップの和が二次元正孔ガス層ができる関係にすることが必要である。

【0051】

【発明の効果】本発明によれば、半導体層の同一面上或いは対向する面上にエミッタ磁性体電極及びコレクタ磁性体電極を設け、エミッタ磁性体電極とコレクタ磁性体電極との間の半導体層に磁場を印加するようにしたので、動作周波数が高く、且つ、低磁場で動作する半導体感磁性素子を得ることができ、磁気記憶装置の読出ヘッドのみならず、各種の磁場検出装置或いは磁気スイッチング装置への応用が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理的構成の説明図である。

【図2】本発明の半導体感磁性素子の動作原理の説明図である。

【図3】本発明の半導体感磁性素子の特性の説明図である。

【図4】本発明の第1の実施の形態の説明図である。

【図5】本発明の第2の実施の形態の概略的構成の説明図である。

【符号の説明】

- 1 半導体層
- 2 エミッタ電極
- 3 コレクタ電極
- 4 エミッタバリア層
- 5 コレクタバリア層
- 6 ダウンスピンド電子
- 7 アップスピンド電子
- 11 半絶縁性 InP 基板
- 12 アンドープ $I_{n0.52}A_{1.48}As$ バッファ層
- 13 n 型 $I_{n0.52}A_{1.48}As$ 層
- 14 アンドープ $I_{n0.53}Ga_{0.47}As$ チャネル層
- 15 n^+ 型 $I_{n0.53}Ga_{0.47}As$ 層
- 16 アンドープ $I_{n0.52}A_{1.48}As$ エミッタバリア層
- 17 n^+ 型 $I_{n0.53}Ga_{0.47}As$ 層
- 18 アンドープ $I_{n0.52}A_{1.48}As$ エミッタバリア層
- 19 C o エミッタ磁性体電極
- 20 $MnFe$ 磁化固定層

9

- 21 Coコレクタ磁性体電極
22 MnFe磁化固定層
23 二次元電子ガス層
31 半導体層

【図1】

本発明の原理的構成の説明図

- 32 エミッタ磁性体電極
33 第1コレクタ磁性体電極
34 第2コレクタ磁性体電極

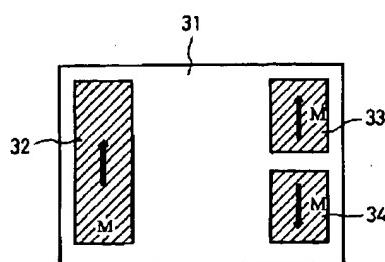
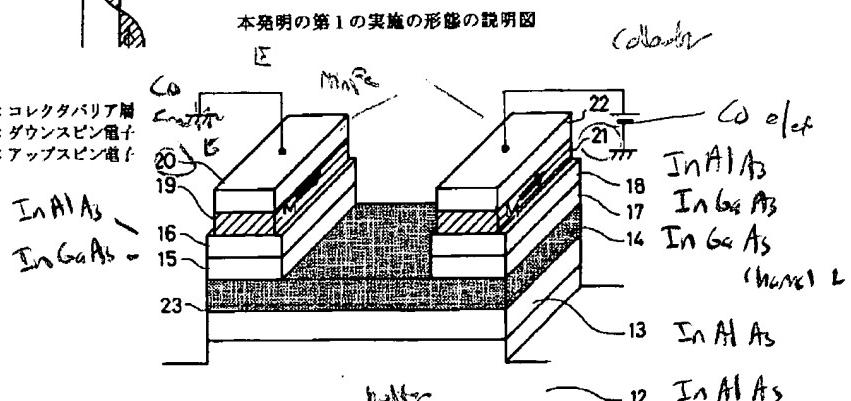
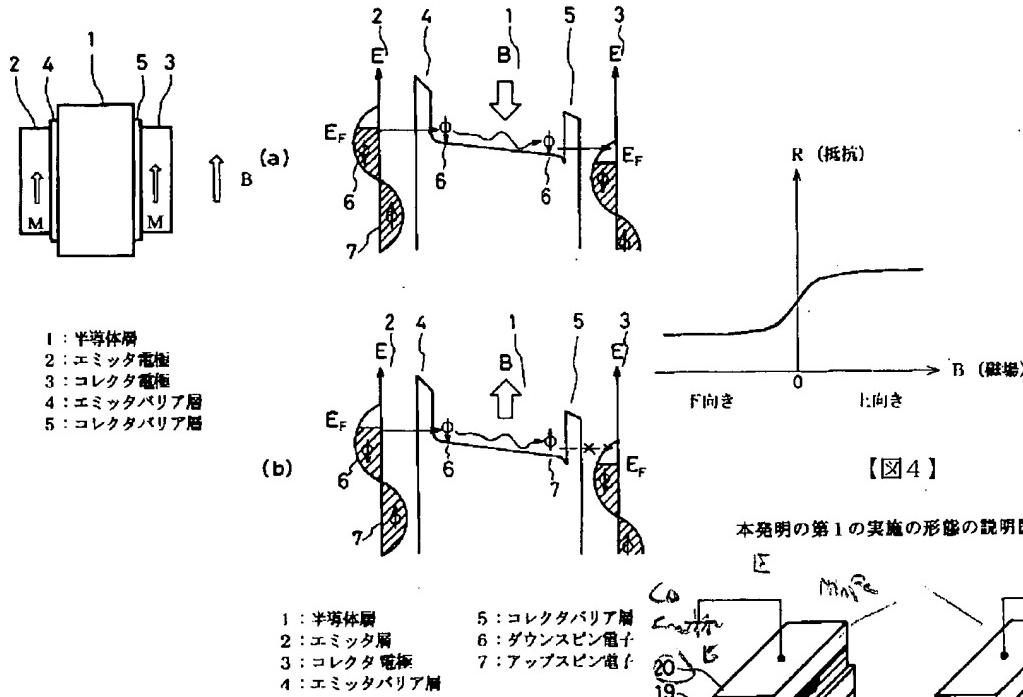
10

【図2】

本発明の半導体感磁性素子の動作原理の説明図

【図3】

本発明の半導体感磁性素子の特性の説明図



- 11:半導体InP基板
12:アンドープIn_{0.52}Al_{0.48}Asバッファ層
13:n型In_{0.52}Al_{0.48}As層
14:アンドープIn_{0.52}Ga_{0.48}Asチャネル層
15:n⁺型In_{0.52}Ga_{0.48}As層
16:アンドープIn_{0.52}Al_{0.48}Asエミッタバリア層
17:n⁺型In_{0.52}Ga_{0.48}As層
18:アンドープIn_{0.52}Al_{0.48}Asコレクタバリア層
19:Coエミッタ磁性体電極
20:MnFe磁化固定層
21:Coコレクタ磁性体電極
22:MnFe磁化固定層
23:二次元電子ガス層

*** NOTICES ***

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]**[0001]**

[Field of the Invention] This invention relates to the magnetic-head equipment using the semi-conductor magnetosensitive nature component and it which detect a magnetic field about the magnetic-head equipment which used a semi-conductor magnetosensitive nature component and it by impressing a magnetic field to the semi-conductor layer between an emitter magnetic-substance electrode and a collector magnetic-substance electrode especially.

[0002]

[Description of the Prior Art] Although what is necessary is to demand improvement in the memory capacity of external storage, for example, just to make storage area per bit detailed with an advance of computer technology in recent years in order to be increase of the memory capacity of a magnetic disk drive, since the magnetic flux generated at the same time it makes storage area detailed also becomes small, for read-out of information, the magnetosensitive nature component which can detect a minute magnetic field is needed.

[0003] Although the magnetosensitive nature component used for the conventional magnetic head is a MR (Magneto-Resistance) component using resistance change of the metal membrane by the magnetic field, it has the problem that this MR component has the small rate of the resistance change by the magnetic field, and the output to a minute magnetic field is small.

[0004] For example, although the generating magnetic flux per bit is considered to be 2×10^{-15} Wb extent with the magnetic disk drive of 10 Gbit/in² (about 1.55 Gbit/cm²), supposing the recording density utilization will be expected to be around A.D. 2000 uses the present MR head at this time, about -16dB loss of power is predicted, and there is a problem of read-out of information becoming impossible.

[0005] Although various kinds of magnetosensitive nature components which raised the sensibility to a magnetic field are proposed in order to solve such a problem, for the improvement in dependability, a semi-conductor is the optimal as a material of the viewpoint that use of a single crystal is desirable and the ultra-fine processing technology which became skilled can be used to a magnetosensitive nature component.

[0006] As a magnetosensitive nature component using such a semi-conductor, an emitter magnetic-substance electrode and a collector magnetic-substance electrode are arranged face to face on a semi-conductor layer, and the semi-conductor magnetosensitive nature component which is made to modulate tunnel resistance and detects a magnetic field is proposed by rotating the magnetization direction in a magnetic-substance electrode by the magnetic field (refer to JP,6-97531,A, if required).

[0007] That is, while injecting into a semi-conductor layer the electron which magnetized and carried out spin polarization of the emitter magnetic-substance electrode through an emitter barrier layer, the magnetization direction of a collector magnetic-substance electrode is rotated by the magnetic field of a magnetic disk, and a magnetic field is detected by controlling the amount of the electron which tunnels a collector barrier layer according to the magnetization direction of a collector magnetic-substance

electrode, and reaches a collector magnetic-substance electrode.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in such a semi-conductor magnetosensitive nature component, since it is thought that the upper limit of the working speed will be decided at the imitation rate of magnetization of a magnetic-substance electrode, and the frequency is about 100MHz in order to rotate the magnetization direction of the magnetic-substance electrode itself by the magnetic field, it cannot necessarily be said to be sufficient working speed.

[0009] Therefore, this invention aims at being able to follow in footsteps of high-speed magnetic field change, and offering the magnetic-head equipment using a semi-conductor magnetosensitive nature component and it with high sensibility.

[0010]

[Means for Solving the Problem] With reference to drawing 1 thru/or drawing 3, The means for solving a technical problem in this invention is explained. In addition, drawing 1 is the explanatory view of the theoretic configuration of this invention, and drawing 2 is the explanatory view of the principle of operation of the semi-conductor magnetosensitive nature component of this invention, and drawing 3 is the explanatory view of the property of the semi-conductor magnetosensitive nature component of this invention further.

[0011] The emitter electrode 2 with which drawing 1 reference (1) this invention consists of the magnetized magnetic substance which pours in the electron which carried out spin polarization to either on the same field of the semi-conductor layer 1, or the field which counters into this semi-conductor layer 1 in a semi-conductor magnetosensitive nature component, While arranging one or more collector electrodes 3 which consist of the magnetized magnetic substance which collects the poured-in electrons face to face, it is characterized by making it impress a magnetic field B to the semi-conductor layer 1 between the emitter electrode 2 and a collector electrode 3.

[0012] Thus, since the spin relaxation time amount of the electron which was not made to rotate the magnetization direction M of the magnetic substance by the detected magnetic field B, but was injected into the semi-conductor layer 1 is controlled, the upper limit of a working speed will be determined at the travel speed of the electron in the semi-conductor layer 1, and the imitation to a high-speed magnetic field change is attained.

[0013] This situation is explained with reference to drawing 2.

When the drawing 2 (a) reference emitter electrode 2 and a collector electrode 3 are made to magnetize upward, the energy of the electron in the emitter electrode 2 which consists of the magnetic substance, and a collector electrode 3 The electron 7, i.e., the rise spin electron, of upward spin, It will differ, the electron 6, i.e., the down spin electron, of downward spin, and is Fermi level EF. Supposing it is on the band gap of the rise spin electron 7 and the band of the rise spin electron 7 is choked up completely, only the down spin electron 6 will contribute to a current.

[0014] Although the electron by which tunnel impregnation is carried out becomes the semi-conductor layer 1 only with the down spin electron 6 through the emitter barrier layer 4 and it is in the condition of having started the so-called spin polarization if an electrical potential difference is impressed between this emitter electrode 2 and collector electrode 3 It will ease, while running the inside of the semi-conductor layer 1 toward a collector electrode 3, and the sense of the spin of the poured-in electron will become the both same number, and this spin relaxation time amount or spin diffusion length will be dependent on the sense and reinforcement of a magnetic field B.

[0015] When the downward magnetic field B is impressed to the semi-conductor layer 1 between the emitter electrode 2 and a collector electrode 3 here, the relaxation time of the down spin electron 6 becomes long, the collector barrier layer 5 will be tunneled, with downward spin maintained, a collector electrode 3 will be reached, but since there is an empty band for the down spin electron 6 in a collector electrode 3, a tunnel becomes possible and a current flows.

[0016] When referring to drawing 2 (b), however the magnetic field B impressed are upward, the relaxation time of the down spin electron 6 becomes short, and the rate of the electron which reaches a collector electrode 3, with downward spin maintained decreases.

[0017] And although the rise spin electron 7 and the electron which became tend to tunnel the collector barrier layer 5 and tends to reach a collector electrode 3 while running the inside of the semi-conductor layer 1, since it is full of the band for the rise spin electron 7 in a collector electrode 3, a tunnel becomes impossible, and a current will not flow.

[0018] wanting to carry out drawing 3 reference and detecting change of tunnel resistance R by this magnetic field B as a current value change -- a magnetic field B -- facing up -- or facing down is detectable, and when a magnetic field B is downward, Resistance R is small, and Resistance R becomes large when a magnetic field B is upward. In addition, since the working speed in this case will be determined by the distance between the emitter electrode 2 and a collector electrode 3, high-speed operation becomes possible conventionally.

[0019] (2) Moreover, it is characterized by the distance of this invention between the emitter electrode 2 and a collector electrode 3 being comparable as spin diffusion length in the above (1).

[0020] In a semi-conductor magnetosensitive nature component like this invention, if the distance between the emitter electrode 2 and a collector electrode 3 is too shorter than spin diffusion length (spin relaxation time amount in case a magnetic field is 0) (electronic rate), i.e., x, a collector electrode 3 will be reached with the sense of spin when almost all electrons are poured in irrespective of the direction of a magnetic field B maintained, and a difference will not arise in resistance.

[0021] Moreover, since it eases completely and a difference stops arising in resistance even if too not much long conversely, when it is desirable that it is about 1-several spin diffusion length and comparable, i.e., spin diffusion length and this order, micrometers as for the distance between the emitter electrode 2 and a collector electrode 3 and it makes an electronic rate 107 cm / second, the working speed of 10 - dozens picoseconds (ps) will be obtained. In addition, it depends for this spin diffusion length's value on the layer structure of the ingredient which constitutes a semi-conductor layer, or a semi-conductor layer.

[0022] (3) Moreover, in the above (1) or (2), this invention contains the heterojunction which the semi-conductor layer 1 becomes from the semi-conductor with which band gaps differ mutually, and is characterized by connecting electrically the 2-dimensional carrier gas which occurs near [this] the heterojunction interface, the emitter electrode 2, and the collector electrode 3.

[0023] Thus, a heterojunction is prepared into the semi-conductor layer 1 which constitutes a semi-conductor magnetosensitive nature component. The 2-dimensional carrier gas of high mobility which occurs near [this] the heterojunction interface, Namely, two dimensional electron gas (it originates in the difference of the electron affinity of the semi-conductor which constitutes a heterojunction, and generates), Moreover, high-speed operation becomes [rather than] possible using a bulk semiconductor by using 2-dimensional electron hole gas (it originating in the difference of the electron affinity + band gap of the semi-conductor which constitutes a heterojunction, and generating).

[0024] Moreover, since spin diffusion length also becomes large and can lengthen distance of the emitter electrode 2 and a collector electrode 3 by using the 2-dimensional carrier gas of high mobility, the process tolerance at the time of forming the emitter section and the collector section is eased.

[0025] (4) Moreover, this invention is characterized by preparing the flux guide to which magnetic flux is led to the semi-conductor layer 1 of a semi-conductor magnetosensitive nature component in the magnetic-head equipment which used the above (1) thru/or either of (3).

[0026] In case magnetic-head equipment is constituted using the semi-conductor magnetosensitive nature component of this invention, magnetic field detection precision can be improved by using a flux guide like conventional magnetic-head equipment.

[0027]

[Embodiment of the Invention] With reference to drawing 4, the gestalt of operation of the 1st of this invention is explained.

Law (molecular beam epitaxy) is used. drawing 4 3 ** -- first -- MOVPE -- law (metal-organic chemical vapor deposition) or MBE -- On the half-insulation InP substrate 11, the undoping In_{0.52}aluminum_{0.48}As buffer layer 12 with a thickness of 0.5 micrometers, High impurity concentration by 20nm in thickness by 10nm in the with 1x10¹⁸cm⁻² a thickness [20nm in the Si dope n

mold In0.52aluminum0.48As layer 13 of 3, and thickness] undoping In0.53Ga0.47As channel layer 14, and thickness Si dope n+ of $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ [high impurity concentration] The laminating of a mold In0.53Ga0.47As layer and the undoping In0.52aluminum0.48As layer with a thickness of 5nm it is thin in a tunnel barrier layer is carried out one by one.

[0028] Subsequently, n+ prepared in the undoping In0.52aluminum0.48As layer which turns into a tunnel barrier layer by using a photoresist mask (not shown) as a mask, and the bottom of it Opening which should etch a mold In0.53Ga0.47As layer and should impress the magnetic field whose spacing is 1-10 micrometers, for example, 2.0 micrometers, is formed.

[0029] Subsequently, while carrying out mesa etching of a part of undoping In0.52aluminum0.48As layer which turns into a barrier layer by using a new photoresist mask (not shown) as a mask thru/or undoping In0.52aluminum0.48As buffer layer 12 and performing isolation n+ The emitter section which consists of a mold In0.53Ga0.47As layer 15 and an undoping In0.52aluminum0.48As emitter barrier layer 16, And n+ The collector section which consists of a mold In0.53Ga0.47As layer 17 and an undoping In0.52aluminum0.48As collector barrier layer 18 is formed.

[0030] In addition, this n+ The depletion layer of the shot key barrier was greatly extended in the undoping In0.53Ga0.47As channel layer 14, and the mold In0.53Ga0.47As layers 15 and 17 are formed in order to make it the tunnel barrier not become thick too much.

[0031] Subsequently, since magnetization of Co emitter magnetic-substance electrode 19 and Co collector magnetic-substance electrode 21 is fixed on it after carrying out the mask deposition of the magnetic metal membrane which consists of 5-500nm in thickness, and a 20nm Co (cobalt) thin film and forming Co emitter magnetic-substance electrode 19 and Co collector magnetic-substance electrode 21 in the emitter section and the collector section, 5-500nm in thickness and the 20nm MnFe magnetization fixed beds 20 and 22 are formed.

[0032] In addition, impressing a magnetic field, the mask deposition of the Co thin film may be carried out, and you may be magnetized in the same direction, and the magnetization method of Co emitter magnetic-substance electrode 19 in this case and Co collector magnetic-substance electrode 21 may impress a magnetic field after mask deposition, and may magnetize it in the same direction.

[0033] Thus, in the formed semi-conductor magnetosensitive nature component, [near / which was formed between the n mold In0.52aluminum0.48As layer 13 and the undoping In0.53Ga0.47As channel layer 14 / the heterojunction interface], it originates in the difference of the electron affinity between In0.52aluminum0.48As and In0.53Ga0.47As, and the two dimensional electron gas layer 23 is formed.

[0034] And by impressing an electrical potential difference between the emitter section of this semi-conductor magnetosensitive nature component, and the collector section As drawing 2 was explained, tunnel impregnation of the electron which carried out spin polarization according to magnetization into the undoping In0.53Ga0.47As channel layer 14 from Co emitter magnetic-substance electrode 19 is carried out. This electron by which tunnel impregnation was carried out will run the inside of the two dimensional electron gas layer 23 at high speed, will tunnel the undoping In0.52aluminum0.48As collector barrier layer 18, and will reach Co collector magnetic-substance electrode 21.

[0035] In this case, although distance of Co emitter magnetic-substance electrode 19 and Co collector magnetic-substance electrode 21 is set to 1-10 micrometers of this order with electronic spin diffusion length so that the effectiveness of the spin relaxation by the magnetic field may be acquired enough Since the two dimensional electron gas layer 23 of high mobility is used and the spin diffusion length to whom it is expressed with x (spin relaxation time amount in case a magnetic field is 0) (electronic rate) becomes long, allowance is made to process tolerance and the manufacture yield improves.

[0036] Moreover, if the rate of the electron in the two dimensional electron gas layer 23 is made into $10^7 \text{ cm} / \text{second}$, the transit time of the poured-in electron serves as 10-100ps, and can follow in footsteps of high-speed magnetic field change.

[0037] In addition, in explanation of the gestalt of the 1st operation of the above, although the emitter electrode and the collector electrode are prepared on the same field of the semi-conductor layer 14, i.e., an undoping In0.53Ga0.47As channel layer As it is not restricted to such a configuration and the theoretic configuration of drawing 1 was shown, an emitter electrode and a collector electrode may be

prepared on the field where bulk half conductor layers, such as an InGaAs semi-conductor layer, counter, and the thickness of a bulk half conductor layer serves as electronic mileage in this case. [0038] Moreover, in explanation of the gestalt of the 1st operation of the above, although Co emitter magnetic-substance electrode 19 and Co collector magnetic-substance electrode 21 are magnetized in the same direction, it may be magnetized in the mutually different direction and the property that the magnetic field dependency of resistance is opposite to the property of drawing 3 is acquired in this case. [0039] Thus, what is necessary is to prepare the MnFe magnetization fixed bed on it, after magnetizing one electrode, to magnetize the electrode of another side and just to prepare the magnetization fixed bed on it subsequently to an opposite direction, in order to magnetize Co emitter magnetic-substance electrode 19 and Co collector magnetic-substance electrode 21 in the mutually different direction. [0040] In this case, in case the electrode of another side is magnetized to an opposite direction, it is desirable to use the bigger magnetic substance as one electrode than that of coercive force so that the magnetization direction of one electrode may not change.

[0041] Moreover, in the gestalt of the 1st operation of the above, although Co is used as a magnetic-substance electrode, magnetic compounds, such as other magnetic-substance metals, for example, Fe(s) and nickel, these alloys, or a ferrite, may be used, and NiO, CoO/NiO multilayers, etc. may be further used instead of MnFe as the magnetization fixed bed.

[0042] Moreover, in explanation of the gestalt of the 1st operation of the above, although the mask deposition of a magnetic-substance thin film and the magnetization fixed bed is carried out after mesa etching After growing up each semi-conductor layer, a magnetic-substance thin film and the magnetization fixed bed are made to deposit on the whole surface, first, patterning of a magnetic-substance thin film and the magnetization fixed bed is carried out, and an emitter electrode and a collector electrode are formed. Subsequently The undoping In_{0.52}aluminum_{0.48}As layer and n+ between an emitter electrode and a collector electrode After removing a mold In_{0.53}Ga_{0.47}As layer, Mesa etching which reaches the undoping In_{0.52}aluminum_{0.48}As buffer layer 12 is performed, and it may be made to perform isolation.

[0043] Next, magnetic-head equipment using such a semi-conductor magnetosensitive nature component as the magnetic head is explained briefly. What is necessary is to prepare a flux guide that a magnetic field should just be made to be impressed in the direction of thickness to the undoping In_{0.53}Ga_{0.47}As channel layer 14, as used for conventional magnetic-head equipment, and just to make it lead magnetic flux to the undoping In_{0.53}Ga_{0.47}As channel layer 14 perpendicularly, when it constitutes magnetic-head equipment using the semi-conductor magnetosensitive nature component shown in drawing 4.

[0044] Thus, since the leakage of magnetic flux decreases while being able to raise flux density by preparing a flux guide, it enables detection of a minute magnetic field to produce the magnetic-head equipment of high sensitivity easily.

[0045] Next, with reference to drawing 5, the gestalt of operation of the 2nd of this invention is explained.

drawing 5 -- the fundamental configuration of the semi-conductor magnetosensitive nature component of the gestalt of this 2nd operation is completely the same as the configuration of the semi-conductor magnetosensitive nature component of the gestalt of operation of the above 1st 3 **, and difference is in the point of having prepared the 1st collector magnetic-substance electrode 33 and the 2nd collector magnetic-substance electrode 34 which were made magnetizing in the direction which divided the collector electrode and is mutually different to one emitter magnetic-substance electrode 32.

[0046] In this case, although detection sensitivity can be raised by carrying out the differential amplifier of the detection output of the 1st collector magnetic-substance electrode 33 and the 2nd collector magnetic-substance electrode 34, it can use also not as a mere magnetic sensing element but as a switching element.

[0047] That is, if the direction of a magnetic field is the same as the magnetization direction of the emitter magnetic-substance electrode 32, since a current will flow to the 1st collector magnetic-substance electrode 33 side if the direction of a magnetic field is opposite to the magnetization direction

of the emitter magnetic-substance electrode 32, and a current will flow to the 2nd collector magnetic-substance electrode 34 side conversely, it is switchable with the direction of a magnetic field.

[0048] In addition, it is the same as that of replacement of each component in the gestalt of the 1st operation, or modification of a production process also about replacement of each component in the gestalt of this 2nd operation, or modification of a production process.

[0049] Moreover, in explanation of the gestalt of the above-mentioned operation, although the semiconductor magnetosensitive nature component is constituted from an InGaAs/InAlAs system which used big InGaAs of electron mobility as the channel layer It is what is not restricted to an InGaAs/InAlAs system and may use other semi-conductors, such as a GaAs/AlGaAs system. Moreover, also when preparing an emitter electrode and a collector electrode on the same side of a semi-conductor layer, a semi-conductor layer may consist of bulk semiconductors which do not use two dimensional electron gas.

[0050] Furthermore, although the example which used the electron as the carrier using the n-type semiconductor in explanation of the gestalt of the above-mentioned operation is explained, to use 2-dimensional electron hole gas especially, it is required [a p type semiconductor is used instead of a n-type semiconductor, and it is good also considering an electron hole as a carrier, and] to make it the relation a 2-dimensional electron hole gas reservoir can do the sum of the electron affinity in a channel layer and a carrier supply layer and a band gap.

[0051]

[Effect of the Invention] Since an emitter magnetic-substance electrode and a collector magnetic-substance electrode are prepared on the same field of a semi-conductor layer, or the field which counters and it was made to impress a magnetic field to the semi-conductor layer between an emitter magnetic-substance electrode and a collector magnetic-substance electrode according to this invention, clock frequency is high, and can obtain the semi-conductor magnetosensitive nature component which operates in a low magnetic field, and becomes applicable not only to the read head of magnetic storage but various kinds of magnetic field detection equipment or magnetic switching devices.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

**JPO and NCIP are not responsible for any
damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
 2. **** shows the word which can not be translated.
 3. In the drawings, any words are not translated.
-

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The emitter electrode which becomes either on the same field of a semi-conductor layer, or the field which counters from the magnetized magnetic substance which pours in the electron which carried out spin polarization into said semi-conductor layer, The semi-conductor magnetosensitive nature component characterized by making it impress a magnetic field to said semi-conductor layer between said emitter electrodes and said collector electrodes while arranging one or more collector electrodes which consist of the magnetized magnetic substance which collects said poured-in electrons face to face.

[Claim 2] The semi-conductor magnetosensitive nature component according to claim 1 to which distance between the above-mentioned emitter electrode and the above-mentioned collector electrode is characterized by being comparable as spin diffusion length.

[Claim 3] The semi-conductor magnetosensitive nature component according to claim 1 or 2 characterized by connecting electrically the 2-dimensional carrier gas which contains the heterojunction which the above-mentioned semi-conductor layer becomes from the semi-conductor with which band gaps differ mutually, and occurs near [said] the heterojunction interface, the above-mentioned emitter electrode, and the above-mentioned collector electrode.

[Claim 4] Magnetic-head equipment characterized by preparing the flux guide which leads magnetic flux to the semi-conductor layer of said semi-conductor magnetosensitive nature component in the magnetic-head equipment using a semi-conductor magnetosensitive nature component given in claim 1 thru/or any 1 term of 3.

[Translation done.]